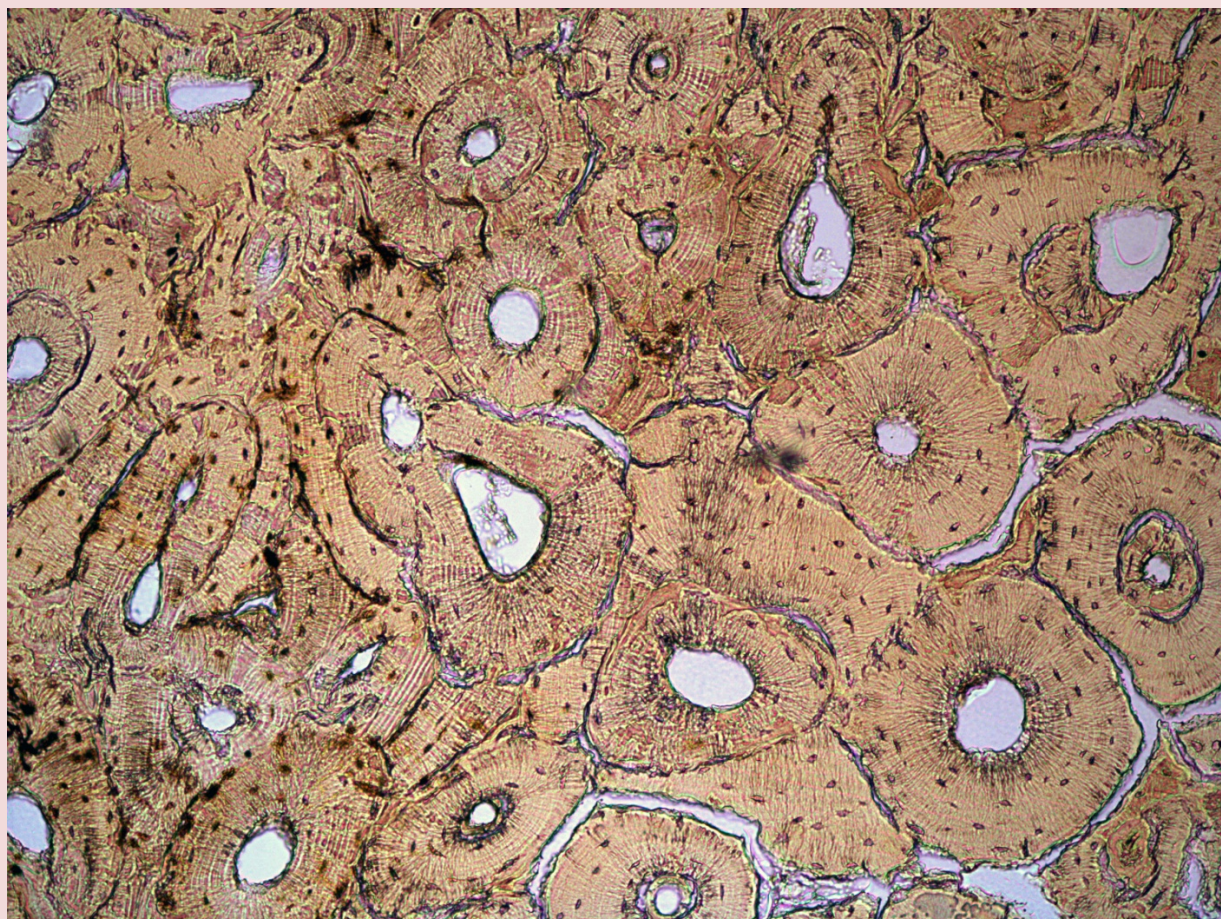


**Ein Einzelknochen kommt selten allein**

**Histotaphonomische Analysen von zwei Menschenknochen  
aus Burgäschisee-Nord**

David Brönnimann und Marco Hostettler



Integrative Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie (IPNA), Universität Basel

Institut für Archäologische Wissenschaften, Universität Bern



Universität  
Basel





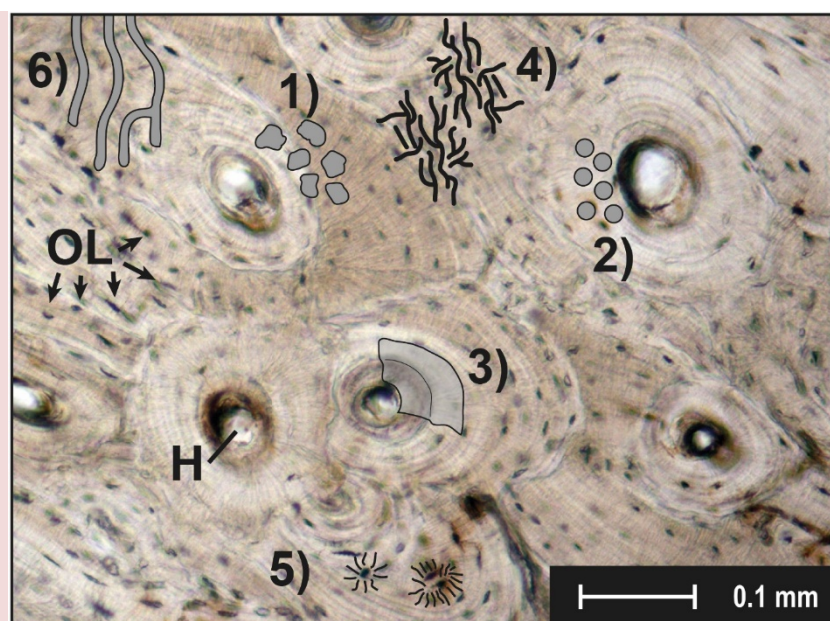
## Einleitung

Das Phänomen einzelner isolierter und oft fragmentierter Menschenknochen aus neolithischen Seeufersiedlungen ist seit mehreren Jahrzehnten bekannt (1)(2), dennoch handelt es sich um ein bisher kaum verstandenes und nur punktuell erforschtes Phänomen. Auch im Zuge der Ausgrabungen am Burgäschisee 2015–2017 durch die Universität Bern wurden zwei aus Kulturschichten stammende menschliche Knochenfragmente – ein Femurfragment (BAS 1, 3830-3780 BC) und ein Scapulafragment (BAS 2, 3340-3100 calBC) – aus den Tierknochenkomplexen geborgen.

Um einen neuartigen Blick auf das Phänomen der Einzelknochen aus Seeufersiedlungen zu werfen, wurden die beiden Knochen an der IPNA (Integrative Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie) der Universität Basel histotaphonomisch untersucht. Hierfür wurden aus den beiden Knochenfragmenten jeweils ein etwa 2 cm grosses Stück getrennt, in Kunstharz eingegossen, aufgesägt und daraus je ein 30 Mikrometer dicker Dünnschliff hergestellt. Diese wurden mit einem Polarisationsmikroskop mit bis zu 630facher Vergrösserung histotaphonomisch untersucht. Es ist das erste Mal, dass diese Methode in diesem Kontext angewandt wurde. Die Ergebnisse erlauben neue Einblicke in die Totenbehandlung im Schweizerischen Neolithikum und zeigen das Potential und die Notwendigkeit von neuartigen Analysen auf.

## Was ist Histotaphonomie?

Die Histotaphonomie untersucht postmortale Veränderungen in Tier- und Menschenknochen, die durch biologische, chemische, und physikalische Prozesse verursacht werden (3)(4). Dabei spielen nicht nur äussere Faktoren (Sediment, Bodenfeuchtigkeit etc.), sondern unter anderem auch die (Toten-) Behandlung des Individuums kurz vor und nach dem Tod eine entscheidende Rolle. So sind beim Fäulnisprozess körpereigene (Darm-) Bakterien involviert, die sich kurz nach dem Tod im gesamten Körper und dabei auch in den Knochen ausbreiten können. Diese mikrobielle Aktivität kann unter dem Mikroskop identifiziert und anhand des sogenannten Bacterial Attack Index (kurz BAI) quantifiziert werden (Abb. 1) (5)(6). Durchläuft ein Körper nach dem Tod einen «normalen» Verwesungsprozess, so zeigt sich dies im Knochen anhand eines sehr starken Bakterienbefalls (Abb. 2). Wird die Verwesung und insbesondere der Fäulnisprozess aber unterbunden (z. B. durch Abtrennen von Körperteilen kurz nach dem Tod) oder verzögert (durch eine natürliche oder künstliche Mumifizierung), so findet sich im Knochen keine oder eine nur schwach ausgeprägte Bakterienaktivität (Abb. 3). Dadurch können anhand histotaphonomischer Untersuchungen Aussagen zur Totenbehandlung gewonnen werden. Für weitere Informationen zu den verschiedenen Bioerosionsphänomenen siehe auch die Infobox.

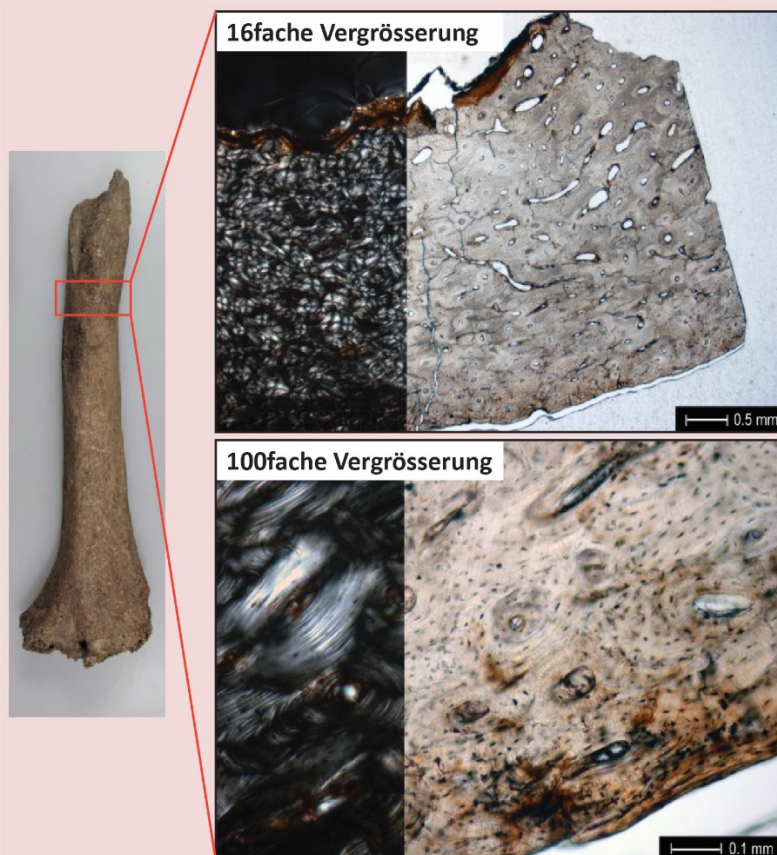


**Abb. 1:** Schematische Darstellung der verschiedenen Bioerosions-Phänomene, die unter dem Mikroskop zu erkennen und differenzieren sind: 1) Budded mfd; 2) linear longitudinal mfd; 3) lamellate mfd; 4) Wedl-Tunnels; 5) ausgeweitete Knochenkanälchen (canaliculi) (sog. Wedl type 2); 6) Cyanobakterien-Tunnels.

*mfd = microscopical focal destruction (mikroskopische Zerstörung der Mikrostruktur). 1-3 gehen auf den Befall von körpereigenen Bakterien zurück, während Wedl-Tunnels möglicherweise durch (exogene) Pilze verursacht werden.*



**Abb. 2:** Beispiel eines Knochens mit komplett durch Bakterienbefall zerstörter Mikrostruktur. Von letzterer ist aufgrund unzähliger budded mfd (graue Masse) nichts mehr zu erkennen (mit Ausnahme der Havers-Kanälen). Links im Mikroskop-Foto jeweils XPL, rechts PPL.



**Abb. 3:** Beispiel eines Knochens ohne Bakterienbefall (isolierter Menschenknochen aus Basel-Gasfabrik; Spätlatènezeit). Die Knochenstruktur ist komplett erhalten, die Kollagenerhaltung sehr gut. Links im Mikroskop-Foto jeweils mit gekreuzten Polarisatoren (XPL), rechts mit parallelen Polarisatoren (PPL).



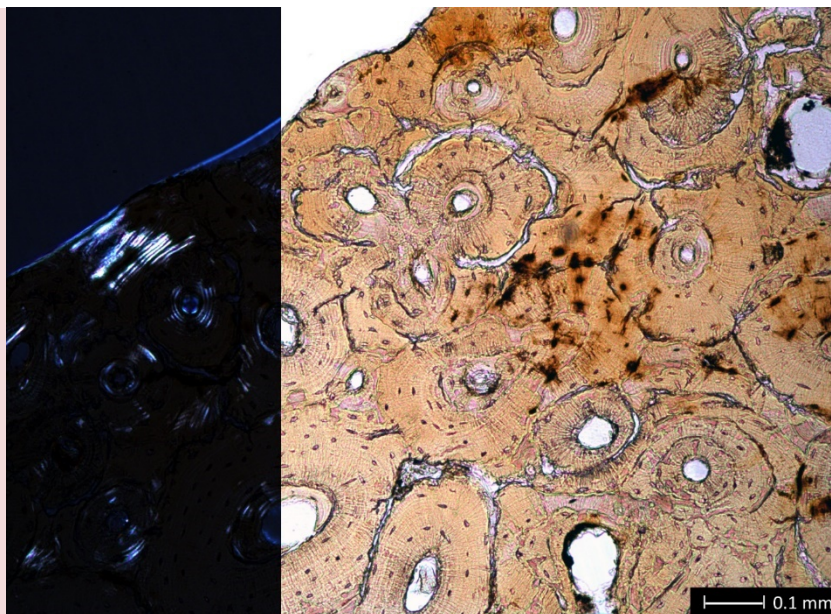
## Fragestellungen

Für die vorgenommene Untersuchung standen folgende Fragestellungen im Fokus:

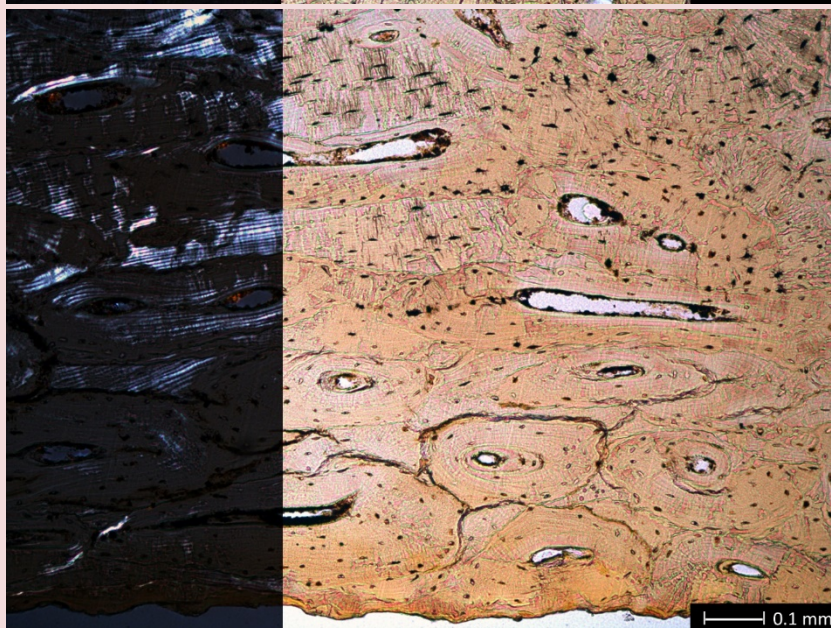
- 1) Können Hinweise auf die Totenbehandlung der beiden menschlichen Individuen gewonnen werden? Finden sich Hinweise auf verzögerte oder verhinderte Verwesungsprozesse oder stammen die Knochen von Individuen, die einen «normalen» Verwesungsprozess erfuhren?
- 2) Können Aussagen zum Liegemilieu der Knochen (längeres Offenliegen etc.) gemacht werden?

## Resultate

An den beiden Knochenfragmenten BAS 1 und BAS 2 konnten keine Bioerosionsspuren entdeckt werden. Weder endogene Bakterien noch exogene Mikroben (Cyanobakterien, Pilze) haben die Knochenmikrostruktur angegriffen (Abb. 4 und 5). Allerdings zeigen die Knochen deutliche geochemische Auflösungsprozesse. Zwischen den Osteonen sind häufig Lücken auszumachen (Abb. 4). Ausserdem sind in beiden Knochen sogenannte «ausgeweitete Knochenkanälchen» (enlarged canaliculi) zu erkennen (Abb. 5), die mit Lösungsprozessen durch intrusiv eintretende Säuren in Verbindung gebracht werden. Die schlechte Kollagenerhaltung geht ebenfalls auf die festgestellten geochemischen Prozesse zurück (Abb. 4 und 5).



**Abb. 4:** Mikroskop-Foto des Femurfragmentes BAS 1. Das Knochenfragment zeigt keine Bioerosion. Allerdings sind geochemische Auflösungsprozesse rund um die Osteonen sowie zahlreiche ausgeweitete Knochenkanälchen zu beobachten, die zum Teil postsedimentäre rostbraune Eisenoxidausfällungen beinhalten. 100fache Vergrösserung. Links XPL, rechts PPL.



**Abb. 5:** Mikroskopfoto des Scapulafragmentes BAS 2. Auch das Scapulafragment zeigt keine Bioerosion, aber zahlreiche ausgeweitete Knochenkanälchen. Die geochemischen Auflösungsprozesse sind schwächer ausgeprägt als beim Femurfragment. Die rötlichbraune Färbung geht wohl auf Eisenoxidausfällungen zurück. 100fache Vergrösserung. Links XPL, rechts PPL.

## Interpretation und Diskussion

Die festgestellten geochemischen Lösungsprozesse und das Ausbleiben von Cyanobakterien- und Pilzbefall geben Hinweise auf das Liegemilieu. So kann daraus abgeleitet werden, dass die beiden Knochen relativ rasch im stark organischen Sediment ein- und überlagert wurden, was mit ihrem Fundort in der Kulturschicht übereinstimmt.

Das Fehlen von durch körpereigene Bakterien verursachter Bioerosion ist hingegen äusserst bemerkenswert. Dieser Befund zeigt, dass die betreffenden Körper oder Körperteile nicht dem Fäulnisprozess unterworfen waren. Dies kann nur mit einer natürlichen oder artifiziellen Mumifizierung (z. B. durch Austrocknen / Räuchern der Körper) und/oder dem Abtrennen von Körperteilen kurz nach dem Tod erklärt werden, wobei eine natürliche Mumifizierung aufgrund der hiesigen klimatischen Bedingungen unwahrscheinlich ist. Folglich kann mit grosser Wahrscheinlichkeit eine intentionale Manipulation der menschlichen Überreste angenommen werden. Was genau die Manipulation beinhaltete, muss aber (derzeit) unbeantwortet bleiben.

Die wissenschaftlich untersuchten isolierten Menschenknochen aus Zürich Opéra (2) und aus verschiedenen Westschweizer Seeufersiedlungen (1) deuten darauf hin, dass diese Totenbehandlung eine Regelmässigkeit besessen haben dürfte, obschon wir anhand der bisherigen Erkenntnisse nicht beurteilen können, ob dieses vordergründig stets ähnliche Bild (isolierte Einzelknochen) das Resultat eines über den gesamten Zeitraum gleichbleibenden Rituals ist. So bleibt uns der Kontext solcher Praktiken weiterhin verborgen.

## Fazit und Ausblick

Die hier vorgestellte Pilotstudie zeigt, dass histotaphonomische Untersuchungen das bisher sehr vage Bild der jungneolithischen Totenbehandlungen (oder Teilen davon) schärfen und differenzieren können. Für ein eingehenderes Verständnis des Phänomens der menschlichen Einzelknochen in Siedlungszusammenhängen sind aber weitere vergleichbare Untersuchungen notwendig und wünschenswert. Wie die vorliegende Studie zeigt, ist das Potenzial sehr gross. So kann mit der Histotaphonomie eine mikroskopische Perspektive eingenommen werden, die einzigartige Einblicke in den Knochen und damit in die Totenbehandlung erlaubt.

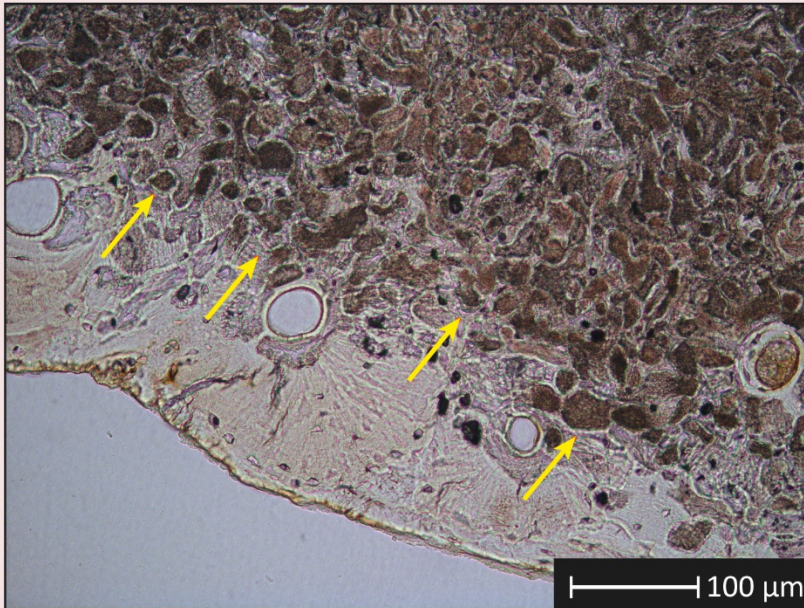
*Unser Dank geht an das Institut für Archäologische Wissenschaften der Universität Bern (Albert Hafner) und an die Integrative Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie (Philippe Rentzel) für die Unterstützung der Untersuchung und an die Kantonsarchäologie Solothurn (Pierre Harb) für die Bereitstellung der beprobten Objekte.*

*Die Publikation der detaillierten Ergebnisse dieser Untersuchung ist derzeit in Vorbereitung und wird innerhalb der Abschlusspublikation des SNF-Projektes «Beyond Lake Villages» (No CR2011L\_152862) gedruckt:*

*David Brönnimann und Marco Hostettler, Ein Einzelknochen kommt selten allein. Histotaphonomische Analysen von zwei Menschenknochen aus Burgäschisee-Nord, in: Albert Hafner und Marco Hostettler (Hrsg.), Beyond Lake Villages. Studien zu Landnutzung & Besiedlungsgeschichte im Neolithikum der Schweiz (in Vorbereitung).*



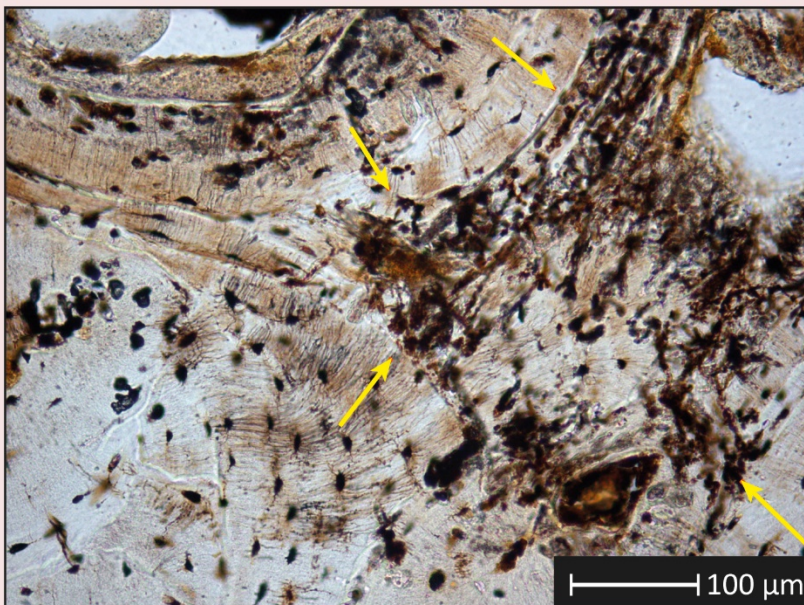
## Die wichtigsten Bioerosionsspuren



### Bakterienbefall

Der Bakterienbefall manifestiert sich meist anhand sog. budded mfd (microscopic focal destruction), die sich als gräuliche, ovale Strukturen zeigen. Der Bakterienbefall wird mit dem Fäulnisprozess in Verbindung gebracht, während dem körpereigene (endogene) Bakterien über die Blutbahnen in den gesamten Körper gelangen – unter anderem auch in den Knochen.

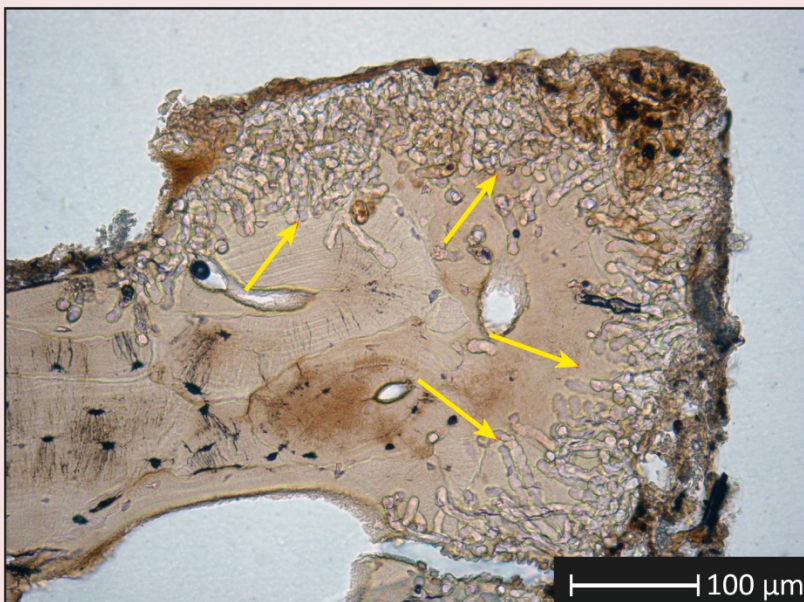
Foto: Femur aus dem „Bleisarg von Augusta Raurica“ (Körperbestattung). 200fache Vergrößerung.



### Wedl-Tunnels (Pilzbefall)

Im Gegensatz zu durch Bakterienbefall verursachten Bioerosionsspuren sind die sog. Wedl-Tunnels dünner und weisen eine typische, verästelte Form auf (gelbe Pfeile). Sie sind häufig mit Eisenoxid-Ausfällungen gefüllt, sodass sie anhand ihrer rostbraunen bis schwarzen Farbe gut erkennbar sind. Es gibt Hinweise darauf, dass die Wedl-Tunnels von Aussen her eindringen und auf eine längere Exposition eines Knochens an einer Oberfläche zurückgehen.

Foto: Tierknochenfragment aus der spätlatènezeitlichen Siedlung Basel- Gasfabrik (Schlachtabfall). 200fache Vergrößerung.



### Cyanobakterien

Cyanobakterien-Kanäle (gelbe Pfeile) greifen von der Knochenoberfläche her ein und reichen meist nur etwa 0.1 mm in den Knochen. Die Kanäle verlaufen recht gerade und unterscheiden sich deutlich von den Wedl-Tunnels. Für die Bildung von Cyanobakterienkanälen ist wenig eutrophiertes, klares Wasser notwendig, da Cyanobakterien für ihr Wachstum genügend Licht brauchen.

Foto: Tierknochen aus der neolithischen Seeufersiedlung Zug-Riedmatt. 200fache Vergrößerung.



## Zusammenfassung

Zum ersten Mal wurden histotaphonomische Untersuchungen an menschlichen Einzelknochen aus dem Kontext von neolithischen Feuchtbodenfundstellen vorgenommen. Es handelt sich dabei um ein Femur (BAS 1) und ein Scapulafragment (BAS 2), die aus zwei unterschiedlichen Besiedlungshorizonten (BAS 1, 3830-3780 BC/ BAS 2, 3340-3100 calBC) der prähistorischen Fundstelle Aeschi SO, Burgäschisee-Nord stammen. Von diesen wurden zwei in Kunstharz eingegossene und zu Dünnschliffen gearbeitete Proben unter dem Mikroskop histotaphonomisch untersucht. Beide Knochen zeigen keinerlei Bioerosion. Dabei ist insbesondere das Ausbleiben von Spuren körpereigener Bakterien bedeutend, die im Zuge der Verwesung üblicherweise einen starken Befall verursachen. Das Fehlen solcher Spuren deutet auf eine perimortale Manipulation des betroffenen Körpers hin und gibt damit bisher unbekannte Einblicke in die Totenbehandlung im Neolithikum der Schweiz.

## Résumé

Pour la première fois, des analyses histotaphonomiques ont été effectuées sur des os humains provenant de sites lacustres néolithiques. Les pièces analysées étaient constituées de fragments d'un fémur (BAS 1) et d'une omoplate (BAS 2). Trouvés sur le site néolithique d'Aeschi SO, Burgäschisee-Nord, ces deux os datent de périodes différentes (BAS 1, 3830-3780 av. J.-C. / BAS 2, 3340-3100 cal BC). Deux échantillons ont été coulés dans de la résine synthétique et préparés en lames minces pour une analyse histotaphonomique au microscope. Ils ne montrent aucun signe de bioérosion. L'absence de traces de bactéries endogènes est particulièrement significative, car elles sont actives dans le cours normal de la décomposition. L'absence de telles traces indique une manipulation perimortem des corps des défunts et fournit ainsi des indications jusqu'ici inconnues sur le traitement des morts au Néolithique en Suisse.

## Summary

For the first time, histotaphonomic analyses were carried out on human bones from the context of Neolithic wetland sites. The analysed pieces consisted of a fragment of each a femur (BAS 1) and a scapula (BAS 2). Both are dated to different chronological horizons (BAS 1, 3830-3780 BC/ BAS 2, 3340-3100 calBC) and have been found on the Neolithic site of Aeschi SO,

Burgäschisee-Nord. Two samples of these bones were cast in epoxi resin and prepared into thin sections for histotaphonomic analysis under the microscope. Both samples show no signs of bioerosion. The absence of traces of endogenous bacteria is particularly significant, as these usually cause heavy infestation in the normal course of putrefaction. The absence of such traces indicates perimort manipulation of the affected bodies and thus provides hitherto unknown insights into the treatment of the dead in the Neolithic of Switzerland.

## Zitierte Literatur

- (1) Andrey, Sylvie (2006): Les ossements humains épars des stations littorales de la région des Trois-Lacs. In: Cahiers d'Archéologie Fribourgeoise / Freiburger Hefte für Archäologie 8, S. 146–161.
- (2) Langenegger, Elisabeth; Hauri, Rudolf; Zimmermann, Emanuela Jochum; Bleicher, Niels; Harb, Christian (2017): Menschliche Knochen. In: Niels Bleicher und Christian Harb (Hg.): Zürich-Parkhaus Opéra. Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle. Band 3: Naturwissenschaftliche Analysen und Synthese. Zürich, Egg: Baudirektion Kanton Zürich (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 50), S. 165–171.
- (3) Jans, Miranda M. (2008): Microbial bioerosion of bone – a review. In: Max Wisshak und Leif Tapanila (Hg.): Current developments in bioerosion. 1. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer (Erlangen Earth Conference Series), S. 397–413.
- (4) Hollund, Hege I.; Jans, Miranda M.; Collins, Matthew James; Kars, Henk; Joosten, Ineke; Kars, Saska M. (2012): What happened here? Bone histology as a tool in decoding the postmortem histories of archaeological bone from castricum, the Netherlands. In: International Journal of Osteoarchaeology 22, S. 537–548.
- (5) Booth, Thomas J. (2016): An investigation into the relationship between funerary treatment and bacterial bioerosion in European archaeological human bone. In: Archaeometry 58 (3), S. 484–499.
- (6) Brönnimann, David; Portmann, Cordula; Pichler, Sandra L.; Booth, Thomas J.; Röder, Brigitte; Vach, Werner et al. (2018): Contextualising the dead – Combining geoarchaeology and osteo-anthropology in a new multi-focus approach in bone histotaphonomy. In: Journal of Archaeological Science (98), S. 45–58. DOI: 10.1016/j.jas.2018.08.005.